

541,049

10/54 1049

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

Reg'd PCT PTO 29 JUN 2005

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. August 2004 (12.08.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/068697 A1

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H03B 21/02

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/000677

(22) Internationales Anmeldedatum:  
27. Januar 2004 (27.01.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 03 405.6 29. Januar 2003 (29.01.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): DA DALT, Nicola  
[IT/AT]; Friedensstrasse 32/4, A-9500 Villach (AT).

(74) Anwalt: BANZER, Hans-Jörg; Kraus & Weisert,  
Thomas-Wimmer-Ring 15, 80539 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,  
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,  
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,  
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

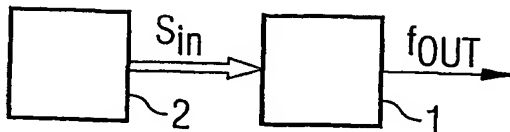
**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CARRYING OUT FREQUENCY SYNTHESIS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR FREQUENZSYNTHESE



possible output frequencies whereby the mean value of the generated output frequencies is, in essence, the desired frequency over a period time.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Frequenzsynthese mit Oszillatormitteln, insbesondere einem digital gesteuerten Oszillator, welche Ausgangsfrequenzen aus einer Menge von möglichen Ausgangsfrequenzen erzeugen können, vorgeschlagen. Zur Erzeugung einer gewünschten Frequenz, welche nicht in der Menge möglicher Ausgangsfrequenzen enthalten ist, werden die Oszillatormittel (1) von einer Steuervorrichtung (2) derart angesteuert, dass diese im Wechsel mindestens zwei verschiedene Ausgangsfrequenzen aus der Menge möglicher Ausgangsfrequenzen derart erzeugen, dass der Mittelwert der erzeugten Ausgangsfrequenzen über einen Zeitraum im Wesentlichen die gewünschte Frequenz ist.

WO 2004/068697 A1

## Beschreibung

## Vorrichtung und Verfahren zur Frequenzsynthese

- 5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Frequenzsynthese, insbesondere zur Frequenzsynthese unter Verwendung von digital gesteuerten Oszillatoren.
- 10 In der Halbleiterelektronik werden häufig Oszillatoren verwendet, welche nur bestimmte Frequenzen erzeugen können. Ein Beispiel hierfür sind digital gesteuerte Oszillatoren („Digitally Controlled Oscillator“, DCO). Ein solcher digital gesteuerter Oszillator ist beispielhaft in Figur 1
- 15 dargestellt. Dem digital gesteuerten Oszillator 1 wird dabei ein Parameter  $s_{in}$  zugeführt, welcher nur eine endliche Anzahl diskreter Werte annehmen kann. Der Parameter kann irgend eine physikalische Größe sein, wie Strom, Spannung, Kapazität, Induktivität, Widerstand und dergleichen. Der Wert, der von
- 20 diesem Parameter angenommen wird, ist üblicherweise durch den Status (Wert) eines digitalen Busses bestimmt. Im Folgenden werden die verschiedenen möglichen Werte des digitalen Busses als digitale Wörter bezeichnet und mit  $D_1, D_2, \dots, D_N$  bezeichnet. Die Menge aller digitalen Wörter wird als
- 25  $S(D) = \{D_1, D_2, \dots, D_N\}$  bezeichnet. Einem spezifischen Wert des Eingangsparameters  $s_{in}$ , also einem spezifischen digitalen Wort aus der Menge  $S(D)$ , ist eineindeutig eine Ausgangsfrequenz des Ausgangssignals  $f_{out}$  des digital gesteuerten Oszillators 1 zugeordnet. Daraus ergibt sich,
- 30 dass der digital gesteuerte Oszillator nur eine diskrete Menge von Ausgangsfrequenzen erzeugen kann. Diese Frequenzen werden im Folgenden mit  $f_1, f_2, \dots, f_N$  bezeichnet, und die entsprechende Menge aller möglichen Frequenzen wird mit  $S(f)$  bezeichnet. Es wird angenommen, dass die Frequenz  $f_i$  dem
- 35 digitalen Wort  $D_i$  zugeordnet ist.

Bei manchen Anwendungen kann es vorkommen, dass eine Frequenz von dem digital gesteuerten Oszillator erzeugt werden soll, welche nicht in der Menge  $S(f)$  enthalten ist. Beispiel hierfür ist eine Regelschleife, bei der die Ausgangsfrequenz des digital gesteuerten Oszillators auf ein Vielfaches einer bestimmten Referenzfrequenz geregelt werden soll, beispielsweise durch Benutzung einer Phasenregelschleife („Phase Locked Loop“, PLL). Diese Referenzfrequenz oder ihre Vielfachen sind im Allgemeinen unabhängig von den Frequenzen, welche von dem digital gesteuerten Oszillator erzeugt werden können, und stimmen daher im Allgemeinen nicht mit Elementen der Menge  $S(f)$  überein.

Bisher wurde dieses Problem durch Techniken gelöst, welche üblicherweise in größerem Umfang analoge Schaltkreise benutzen. Ein Beispiel hierfür ist die N-Frequenzteilersynthese, welche für drahtlose Datenübertragung benutzt wird. Dabei wird ein Oszillator, in diesem Fall ein spannungsgesteuerter Oszillator, von analogen Steuersignalen angesteuert. Die gewünschte Ausgangsfrequenz wird erzeugt, indem ein N-Frequenzteiler im Rückkopplungspfad der Frequenzsynthesevorrichtung benutzt wird. Üblicherweise wird dabei das Modul des N-Frequenzteilers von einem Delta-Sigma-Modulator höherer Ordnung ( $\geq 2$ ) digital gesteuert, um störende Anteile des Ausgangsspektrums der Synthesevorrichtung zu verringern. Diese Lösung erfordert jedoch die Verwendung analoger Schaltkreise mit den typischen damit einhergehenden Problemen. Ein Beispiel hierfür sind Änderungen in der Verstärkung aufgrund von Leistungs-, Spannungs- oder Temperaturänderungen. Zudem kann diese Lösung nicht direkt auf digitale Frequenzsynthesearchitekturen, bei denen kein Rückkopplungspfad vorhanden ist, übertragen werden.

Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, womit eine möglichst genaue Frequenzsynthese mit geringem Aufwand

realisiert werden kann und insbesondere der Einsatz einer digitalen Steuerung möglich ist.

5 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 bzw. ein Verfahren nach Anspruch 12. Die Unteransprüche definieren bevorzugte oder vorteilhafte Ausführungsbeispiele der Erfindung.

10 Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, Oszillatormittel, welche zur Erzeugung einer an einem Ausgang abgreifbaren Ausgangsfrequenz aus einer Menge von mindestens zwei  
15 möglichen Ausgangsfrequenzen ansteuerbar sind, so anzusteuern, dass die Oszillatormittel zur Erzeugung einer gewünschten Frequenz, welche nicht in der Menge möglicher  
15 Ausgangsfrequenzen enthalten ist, mindestens zwei verschiedene Ausgangsfrequenzen aus der Menge möglicher  
Ausgangsfrequenzen im Wechsel derart erzeugt, dass der Mittelwert der erzeugten Ausgangsfrequenzen über einen  
20 Zeitraum im Wesentlichen die gewünschte Frequenz ist.

Der Wechsel der mindestens zwei erzeugten Ausgangsfrequenzen erfolgt dabei bevorzugt mit einer mittleren Frequenz, welche  
25 größer ist als der Kehrwert des Zeitraums, über welchen der Mittelwert gebildet wird. Die Oszillatormittel können dabei einen digital gesteuerten Oszillator umfassen oder durch ihn  
gebildet sein. Es ist aber beispielsweise auch denkbar, dass die Oszillatormittel aus mehreren einzelnen Oszillatoren  
bestehen, welche jeweils nur eine einzige Frequenz erzeugen.

30 Dabei ist die Frequenz, mit der der Wechsel der mindestens zwei Ausgangsfrequenzen vorgenommen wird, im Wesentlichen unabhängig von den Ausgangsfrequenzen. Sie kann insbesondere  
– bei Ausnutzung von Mittelungseffekten – kleiner als die  
35 mindestens zwei Ausgangsfrequenzen sein, aber auch größer als diese gewählt werden.

Die Oszillatormittel bzw. der digital gesteuerte Oszillator können dabei beispielsweise einen Ringoszillator umfassen, welchem zur Ansteuerung ein Strom aus einer Menge von möglichen Strömen zuführbar ist. Alternativ oder zusätzlich  
5 kann ein LC-Glied vorhanden sein, durch welches die Ausgangsfrequenz bestimmbar ist. Dabei kann das LC-Glied eine oder mehrere schaltbare Kapazitäten umfassen, so dass die Gesamtkapazität des LC-Gliedes geändert werden kann und somit die Ausgangsfrequenz gesteuert werden kann. Alternativ kann  
10 die Kapazität des LC-Gliedes eine oder mehrere Varaktordioden umfassen, durch deren Ansteuerung ebenfalls die Gesamtkapazität des LC-Gliedes geändert werden kann. Zusätzlich kann die Vorrichtung einen oder mehrere mit dem Ausgang der Oszillatormittel verschaltete Frequenzteiler  
15 umfassen.

Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

- 20 Figur 1 das Prinzip eines digital gesteuerten Oszillators,  
Figur 2 den digital gesteuerten Oszillator aus Figur 1 mit einer Ansteuerung,  
25 Figur 3 ein lineares Modell eines digital gesteuerten Oszillators,  
Figur 4 eine mögliche Ausführungsform eines digital  
30 gesteuerten Oszillators,  
Figur 5 eine zweite mögliche Ausführungsform eines digital gesteuerten Oszillators,  
35 Figur 6 eine dritte mögliche Ausführungsform eines digital gesteuerten Oszillators,

Figur 7 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung von Schaltungssimulationen, und

Figuren 8a-8c simulierte Signalverläufe der in Figur 7 dargestellten Schaltung.

Figur 1 zeigt, wie Eingangs genau erläutert das Prinzip eines digital gesteuerten Oszillators 1.

In Figur 2 ist gegenüber Figur 1 zusätzlich eine Steuervorrichtung 2 zur Ansteuerung des digital gesteuerten Oszillators 1 vorhanden. Bei der Steuervorrichtung kann es sich beispielsweise um einen digitalen Prozessor handeln, welcher den digital gesteuerten Oszillator 1 über einen digitalen Kontrollbus ansteuert. Über den digitalen Kontrollbus wird ein digitales Steuersignal  $s_{in}$  an den digital gesteuerten Oszillator 1 gesendet. Dieses digitale Steuersignal  $s_{in}$  kann Werte, beispielsweise Stromwerte, Spannungswerte oder Widerstandswerte, aus einer endlichen Menge möglicher Eingangssignale  $S(D)$  annehmen. In Abhängigkeit von dem Steuersignal  $s_{in}$  erzeugt der digital gesteuerte Oszillator 1 ein Ausgangssignal  $f_{out}$ , dessen Frequenz in eineindeutiger Weise jeweils einem bestimmten Steuersignal  $s_{in}$  aus der Menge  $S(D)$  zugeordnet ist. Daraus ist ersichtlich, dass die Ausgangsfrequenz ebenfalls aus einer endlichen Menge  $S(f)$  möglicher Ausgangsfrequenzen stammt.

Ist es nun nötig oder gewünscht, ein Ausgangssignal  $f_{out}$  mit einer Frequenz zu erzeugen, welche nicht in der Menge  $S(f)$  enthalten ist, steuert erfindungsgemäß die Steuervorrichtung 2 den digital gesteuerten Oszillator 1 so an, dass dieser mindestens zwei verschiedene Frequenzen aus der Menge  $S(f)$  erzeugt, so dass das zeitliche Mittel der Frequenz des Ausgangssignals  $f_{out}$  genau diese gewünschte Frequenz ergibt.

Die zeitliche Mittelung erfolgt dabei über einen Zeitraum  $T_{av}$ . Der Wert von  $T_{av}$  hängt von der jeweiligen Anwendung ab. Der kleinstmögliche Wert für  $T_{av}$  ist eine Periode des Ausgangstaktes des digital gesteuerten Oszillators.

5

Als vereinfachtes Beispiel für eine erfindungsgemäße Vorrichtung kann dabei ein digital gesteuerter Oszillator dienen, welcher von einem Ein-Bit-Bus kontrolliert wird, durch den zwei Werte des Steuersignals  $s_{in}$ , nämlich  $D1=0$  und  $D2=1$ , übertragen werden können. Der digital gesteuerte Oszillator kann damit zur Ausgabe von nur zwei Frequenzen, nämlich  $f1$  und  $f2$  angesteuert werden. Wenn nun die Erzeugung einer Frequenz, die genau zwischen diesen beiden Frequenzen  $f1$  und  $f2$  liegt, nämlich  $(f1+f2)/2$ , gewünscht wird, kann dies realisiert werden, indem das Steuersignal  $s_{in}$  mit einem Tastverhältnis von 50% zwischen den Werten  $D1$  und  $D2$  wechselt.

10

15

Im Allgemeinen kann eine gewünschte Frequenz auch durch Mittelung über mehr als zwei Frequenzen erzeugt werden, indem das Steuersignal  $s_{in}$  zwischen den entsprechenden Werten aus der Menge  $S(D)$  wechselt.

20

Um eine korrekte Ausgangsfrequenz zu erhalten, muss eine mittlere Umschaltfrequenz  $f_s$  zwischen den verschiedenen nötigen Steuersignalen  $s_{in}$  aus der Menge  $S(D)$  größer sein als das Inverse des Mittelungszeitraums  $T_{av}$ . Wie viel größer hängt auch davon ab, wie schnell das Ausgangssignal  $f_{out}$  des digital gesteuerten Oszillators auf Änderungen des Steuersignals  $s_{in}$  reagiert.

25

30

Diese Trägheit kann anhand des in Figur 3 dargestellten linearen Modells eines digital gesteuerten Oszillators verstanden werden. Bei diesem Modell wird das Steuersignal  $s_{in}$  zunächst einem Tiefpassfilter 3 zugeführt, welcher aus dem Steuersignal  $s_{in}$  ein gefiltertes Steuersignal  $s_{filt}$  herstellt. In dem linearen Modell wird davon ausgegangen,

35

dass die Frequenz des Ausgangssignals  $f_{out}$  linear von dem gefilterten Eingangssignal  $s_{filt}$  abhängen soll. Der lineare Oszillator multipliziert demnach vereinfacht dargestellt das Signal  $s_{filt}$  mit einer Konstante  $K$ , um ein Zwischensignal  $f_k$  mit einer Zwischenfrequenz zu erhalten. Um das Ausgangssignal  $f_{out}$  zu erhalten, wird zu der Frequenz des Zwischensignals  $f_k$  noch eine Frequenz  $f_0$  addiert, welche der Frequenz des digital gesteuerten Oszillators entspricht, wenn das Steuersignal  $s_{in}$  gleich null ist.

Die Trägheit des digital gesteuerten Oszillators hängt dabei von der Grenzfrequenz des Tiefpassfilters ab. Eine kleine Grenzfrequenz bedeutet eine große Trägheit bzw. einen großen intrinsischen Mittelungseffekt des digital gesteuerten Oszillators.

Wenn der Mittelungszeitraum  $T_{av}$  nur eine Periode des Ausgangstaktes des digital gesteuerten Oszillators beträgt (keine Mittelung), dann muss der Wert von  $s_{in}$  mehrmals während der Zeit  $T_{av}$  geändert werden ( $f_s \gg 1/T_{av}$ ). In diesem Fall ist  $f_s$  also größer als  $f_1$  und  $f_2$  des digital gesteuerten Oszillators. Wenn der digital gesteuerte Oszillator träge genug ist, kann  $f_s$  aufgrund des intrinsischen Mittelungseffekts des digital gesteuerten Oszillators reduziert werden und dabei - gegebenenfalls unter Ausnutzung von Mittelungseffekten von nachgeschalteten Frequenzteilern - auch kleiner oder wesentlich kleiner als die Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  werden, was bei hohen Frequenzen eine einfachere Ansteuerung erlaubt. Wenn der intrinsische Mittelungseffekt des digital gesteuerten Oszillators besonders groß ist, kann als Steuersignal  $s_{in}$  auch ein Bitstrom verwendet werden, welcher nach dem Delta-Sigma-Prinzip erzeugt und gegebenenfalls rauschgeformt wurde. Das Hochfrequenzrauschen, das dabei entsteht, wird durch den Tiefpassfilter entfernt, bevor das Ausgangssignal  $f_{out}$  erzeugt wird.



Im Folgenden sollen verschiedene Realisierungsmöglichkeiten für den digital gesteuerten Oszillator erläutert werden.

Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines digital gesteuerten Oszillators aufgrund eines Ringoszillators. Der eigentliche Ringoszillator wird dabei aus Transistoren T und Widerständen R als Kette hintereinander geschalteter Inverter gebildet. Die Frequenz des Ringoszillators wird dabei durch den Strom bestimmt, welcher durch die Transistoren T des Ringoszillators fließt. Dieser Strom wird durch eine Stromquelle I0 und durch Schalter S1-S4 schaltbare Stromquellen I1-I4 bestimmt. Der derart bestimmte Gesamtstrom wird durch den Stromspiegel M1-M4 auf den Ringoszillator übertragen. Die digitale Ansteuerung des derart

ausgestalteten Oszillators geschieht dabei durch Öffnen und Schließen der Schalter S1-S4. Durch Schließen der Schalter S1-S4 wird der jeweilige Strom I1-I4 zum Mindeststrom I0 addiert.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, einen LC-Schwingkreis als digital gesteuerten Oszillator zu verwenden. Dabei wird die Oszillationsfrequenz durch die Werte der Induktivität L und der Gesamtkapazität C bestimmt. Als Ausgangsfrequenz  $f_{out}$  ergibt sich dabei in erster Näherung der Wert  $1/(2\pi \times \sqrt{LC})$ .

Die digitale Steuerung der Ausgangsfrequenz kann dabei durch Variation der Gesamtkapazität C erfolgen. Wenn C nur eine endliche Anzahl von diskreten Werten annehmen kann, kann auch die Ausgangsfrequenz des digital gesteuerten Oszillators nur eine diskrete Anzahl von Werten annehmen.

Ein erstes Beispiel hierfür ist in Figur 5 dargestellt. Die Gesamtkapazität C wird bei dem in Figur 5 dargestellten Oszillator durch die Kapazitäten C1-C7 gebildet. Dabei sind die Kapazitäten C1-C6 durch Schalter S5-S10 schaltbar. Somit kann die Gesamtkapazität durch Betätigung der Schalter variiert werden. Die Induktivität L bleibt dabei fest. Zusätzlich ist eine Ansteuerungsschaltung 6 vorhanden,

welcher ein fester Strom  $I_{bias}$  zugeführt wird. Diese dient dazu, im Schwingkreis auftretende Verluste zu kompensieren. Das Ausgangssignal kann dann an den mit  $f_{out}$  oder  $f_{out,q}$  gekennzeichneten Anschlüssen abgegriffen werden.

5

Ein ähnlicher Oszillator ist in Figur 6 dargestellt. Statt der Kapazitäten aus Figur 5 sind nun Varaktordioden V1-V3 vorhanden, deren Kapazität sich durch eine an den Anschlüssen  $b_0$ - $b_2$  angelegte Spannung steuern lässt. Somit kann die Gesamtkapazität wiederum eingestellt werden und die Ausgangsfrequenz des Oszillators gesteuert werden. Im übrigen ist der Aufbau des in Figur 6 dargestellten Oszillators identisch mit dem in Figur 5 dargestellten. Der Vorteil der in Figur 6 dargestellten Schaltung gegenüber der in Figur 5 dargestellten ist, dass keine Schalter benötigt werden.

10

15

Ein digital gesteuerter Oszillator analog dem in Figur 6 dargestellten wurde zur Durchführung von Simulationen benutzt. Die zur Simulation verwendete Struktur ist schematisch in Figur 7 dargestellt.

20

Es wird ein von einem Ein-Bit-Steuersignal  $s_{in}$  digital gesteuerter Oszillator 1 auf Basis eines LC-Schwingkreises benutzt. Der digital gesteuerte Oszillator kann nur zwei Frequenzen erzeugen: 2,1 GHz und 2,18 GHz. Die Ausgangsfrequenz wird zunächst durch einen ersten Frequenzteiler 7 durch sechs geteilt und dann durch einen zweiten Frequenzteiler 8 nochmals durch vier geteilt, so dass die Frequenz insgesamt durch 24 geteilt wird. Demnach können mit der Anordnung insgesamt die beiden Frequenzen 87,5 MHz und 90,8 MHz erzeugt werden. Nun soll mit dieser Anordnung eine Frequenz von 89,2 MHz erzeugt werden, welche genau zwischen diesen beiden Frequenzen liegt. Dies kann erreicht werden, indem das Steuerbit zwischen den beiden Zuständen mit 50% Tastverhältnis umgeschaltet wird. In der im Folgenden dargestellten Simulation betrug die Umschaltzeit zwei Nanosekunden. Die Umschaltfrequenz  $F_s = 1/2ns = 500MHz$  ist also

25

30

35

wesentlich kleiner als die Frequenzen, welche vom digital gesteuerten Oszillator erzeugt werden.

Figur 8 zeigt die Ergebnisse der Simulation. In Figur 8a ist  
5 der zeitliche Verlauf der Spannung des Steuersignals sowie  
der zeitliche Verlauf der Frequenz sowie der Spannung des von  
dem digital gesteuerten Oszillator erzeugten Signals  $f_{OUT}$   
dargestellt. In den Figuren 8b und 8c sind jeweils der  
zeitliche Verlauf der Frequenz und der Spannung des Signals  
10 nach dem ersten bzw. dem zweiten Frequenzteiler dargestellt.  
Wie in Figur 8c zu sehen, schwankt die Ausgangsfrequenz nur  
wenig um den gewünschten Wert von 89,2 MHz. Der relative  
Frequenzfehler am Ausgang des digital gesteuerten Oszillators  
beträgt 3,7%. Durch die Frequenzteiler wird der  
15 Mittelungszeitraum verlängert. Am Ausgang des zweiten  
Frequenzteilers beträgt der relative Frequenzfehler nur noch  
0,22%. Durch eine kürzere Umschaltzeit könnte ein noch  
kleinerer Frequenzfehler erreicht werden. Durch die  
Ausnutzung der Mittelungseffekte der Frequenzteiler 7, 8 wird  
20 jedoch auch mit einer im Vergleich zu den Ausgangsfrequenzen  
des digital gesteuerten Oszillators langen Umschaltzeit ein  
gutes Ergebnis erreicht. Ein ähnliches Ergebnis ließe sich  
natürlich auch mit einem Oszillator erreichen, welcher - wie  
bereits beschrieben - eine große intrinsische Mittelung  
25 aufweist.

Damit ist gezeigt, dass durch eine erfindungsgemäße  
Vorrichtung bzw. ein erfindungsgemäßes Verfahren eine  
Ausgangsfrequenz erzeugt werden kann, welche nicht direkt  
30 einer von dem verwendeten Oszillator erzeugbaren Frequenz  
entspricht.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Frequenzsynthese, umfassend  
5 Oszillatormittel (1), welche zur Erzeugung eines an einem  
Ausgang abgreifbaren Ausgangssignals ( $f_{out}$ ) mit einer Frequenz  
aus einer Menge von mindestens zwei möglichen  
Ausgangsfrequenzen ansteuerbar sind, und  
eine Steuervorrichtung (2) zur Ansteuerung der  
10 Oszillatormittel (1),  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Steuervorrichtung (2) derart ausgestaltet ist, dass  
sie zur Erzeugung einer gewünschten Frequenz, welche nicht in  
der Menge möglicher Ausgangsfrequenzen enthalten ist, die  
15 Oszillatormittel (1) derart ansteuert, dass diese im Wechsel  
mindestens zwei verschiedene Ausgangsfrequenzen aus der Menge  
möglicher Ausgangsfrequenzen derart erzeugen, dass der  
Mittelwert der erzeugten Ausgangsfrequenzen über einen  
bestimmten Zeitraum im Wesentlichen die gewünschte Frequenz  
20 ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Steuervorrichtung (1) derart ausgestaltet ist, dass  
25 sie die Oszillatormittel (1) so ansteuert, dass der Wechsel  
der mindestens zwei erzeugten Ausgangsfrequenzen mit einer  
mittleren Frequenz erfolgt, welche größer ist als der  
Kehrwert des bestimmten Zeitraums.
- 30 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Steuervorrichtung (1) derart ausgestaltet ist, dass  
sie die Oszillatormittel (1) so ansteuert, dass der Wechsel  
der mindestens zwei erzeugten Ausgangsfrequenzen mit einer  
35 mittleren Frequenz erfolgt, welche größer ist als die  
mindestens zwei möglichen Ausgangsfrequenzen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Steuervorrichtung (1) derart ausgestaltet ist, dass  
sie die Oszillatormittel (1) so ansteuert, dass der Wechsel  
5 der mindestens zwei erzeugten Ausgangsfrequenzen mit einer  
mittleren Frequenz erfolgt, welche kleiner ist als die  
mindestens zwei möglichen Ausgangsfrequenzen.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Oszillatormittel einen digital gesteuerten  
Oszillator (1) umfassen.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Oszillatormittel einen Ringoszillator umfassen,  
wobei dem Ringoszillator zur Ansteuerung ein Strom aus einer  
Menge von möglichen Strömen ( $I_0, \dots, I_4, \dots$ ) zuführbar ist.
- 20 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Oszillatormittel (1) ein LC-Glied umfassen, durch  
welches die Ausgangsfrequenz bestimmbar ist.
- 25 8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass eine Gesamtkapazität des LC-Gliedes mindestens eine  
Kapazität (C1-C6) umfasst, welche zur Ansteuerung des  
Oszillators schaltbar ist.
- 30 9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Kapazität des LC-Gliedes mindestens eine  
Varaktordiode (V1-V3) umfasst, welche zur Ansteuerung des  
35 Oszillators ansteuerbar ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

13

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Vorrichtung einen mit dem Ausgang der  
Oszillatormittel (1) verschalteten Frequenzteiler (7,8)  
umfasst.

5

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Vorrichtung digital ausgestaltet ist.

10 12. Verfahren zur Frequenzsynthese mit zur Erzeugung eines  
Ausgangssignals ( $f_{out}$ ) mit einer Ausgangsfrequenz aus einer  
Menge möglicher Ausgangsfrequenzen ansteuerbaren  
Oszillatormitteln,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass die Oszillatormittel zur Erzeugung einer gewünschten  
Frequenz, welche nicht in der Menge möglicher  
Ausgangsfrequenzen enthalten ist, derart angesteuert werden,  
dass sie mindestens zwei verschiedene Ausgangsfrequenzen aus  
der Menge möglicher Ausgangsfrequenzen im Wechsel so  
20 erzeugen, dass der Mittelwert der mindestens zwei erzeugten  
Ausgangsfrequenzen über einen bestimmten Zeitraum der  
gewünschten Frequenz entspricht.

13. Verfahren nach Anspruch 12,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Wechsel der mindestens zwei erzeugten  
Ausgangsfrequenzen mit einer mittleren Frequenz erfolgt,  
welche größer als der Kehrwert des bestimmten Zeitraums ist.

30 14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Wechsel der mindestens zwei erzeugten  
Ausgangsfrequenzen mit einer mittleren Frequenz erfolgt,  
welche größer als die mindestens zwei verschiedenen  
35 Ausgangsfrequenzen ist.

15. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

14

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Wechsel der mindestens zwei erzeugten  
Ausgangsfrequenzen mit einer mittleren Frequenz erfolgt,  
welche kleiner als die mindestens zwei verschiedenen  
5 Ausgangsfrequenzen ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,  
dass das Verfahren mit einer Vorrichtung nach einem der  
10 Ansprüche 1-9 durchgeführt wird.

1/6

FIG 1

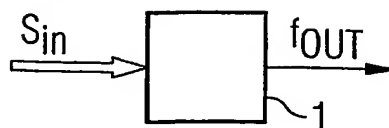


FIG 2

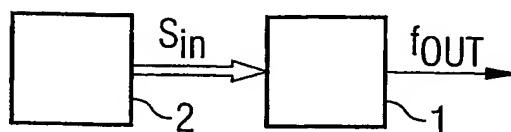


FIG 3

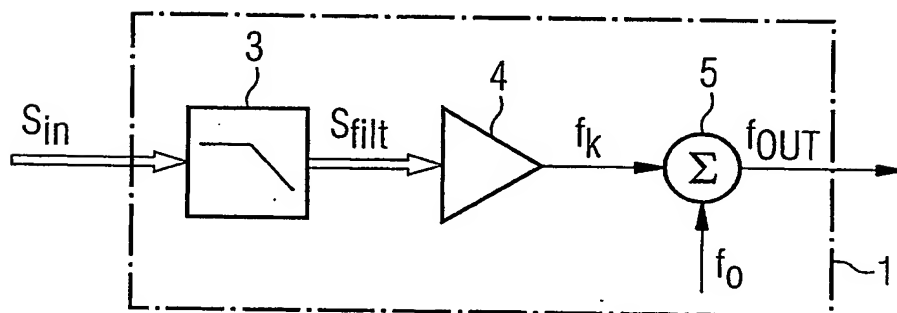


FIG 4

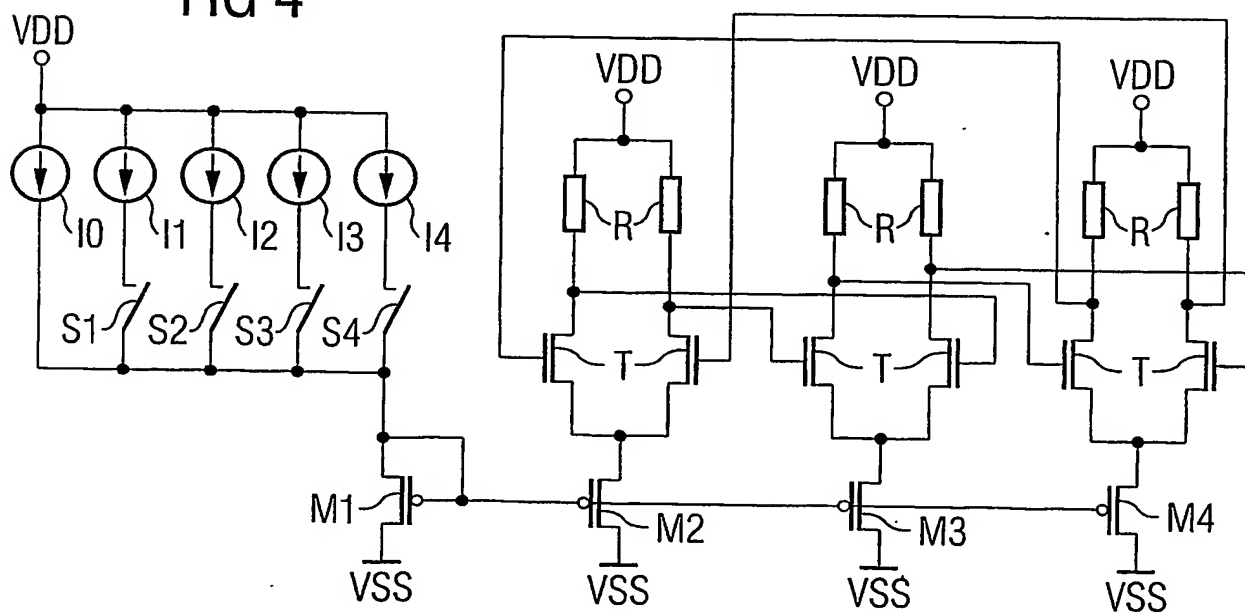
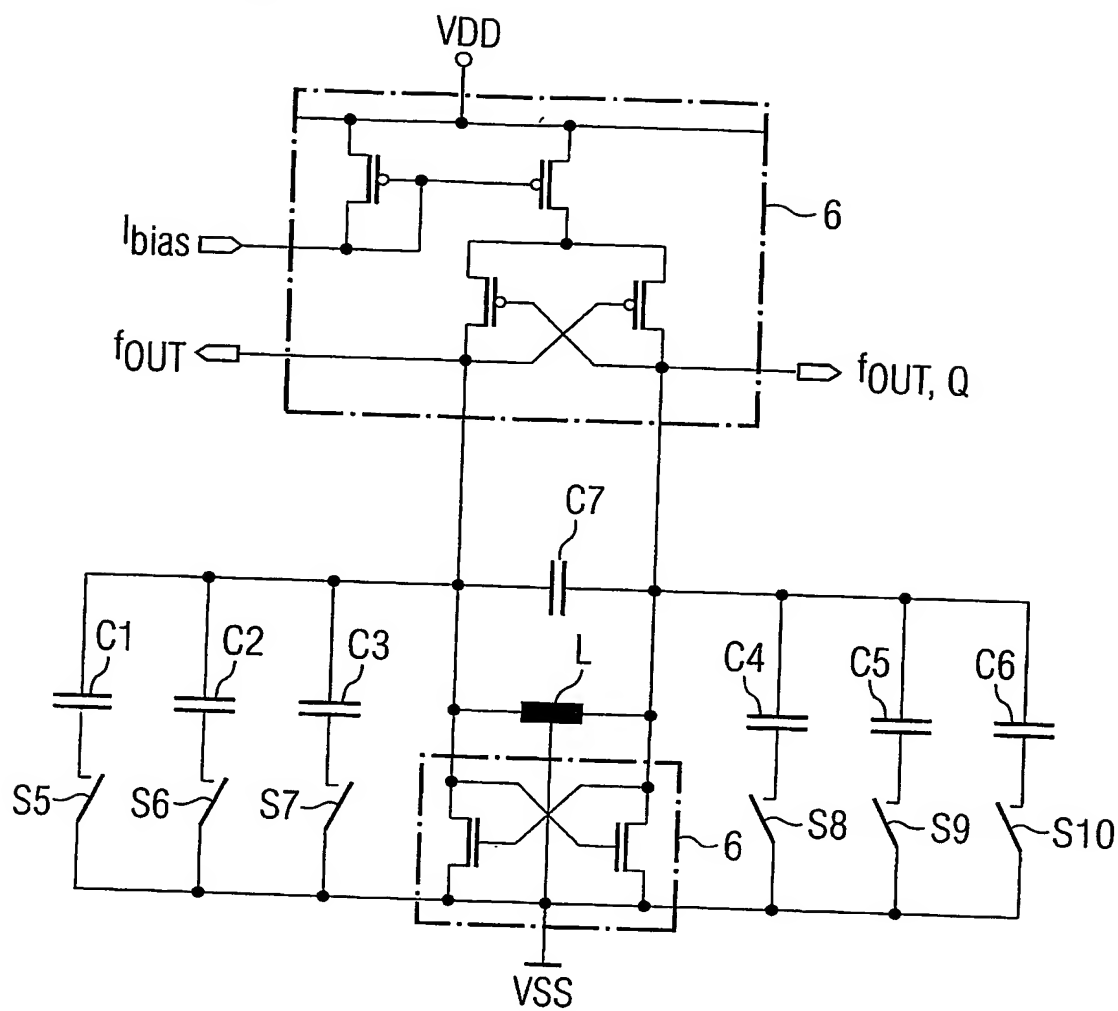




FIG 5



3/6

FIG 6

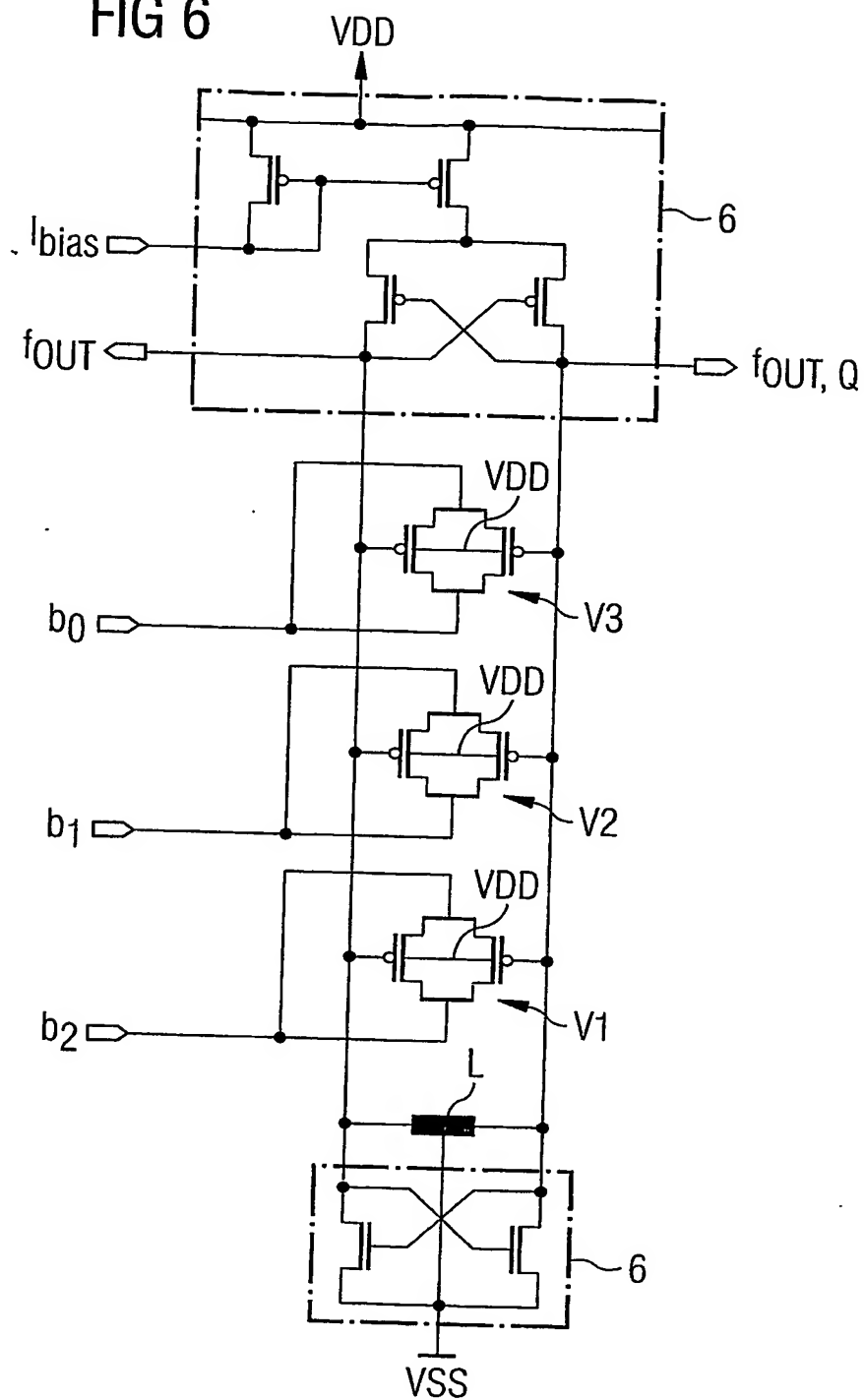


FIG 7

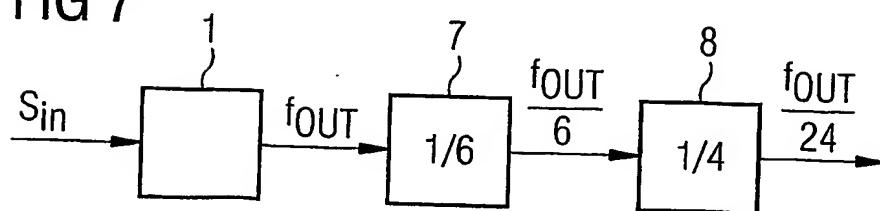


FIG 8A

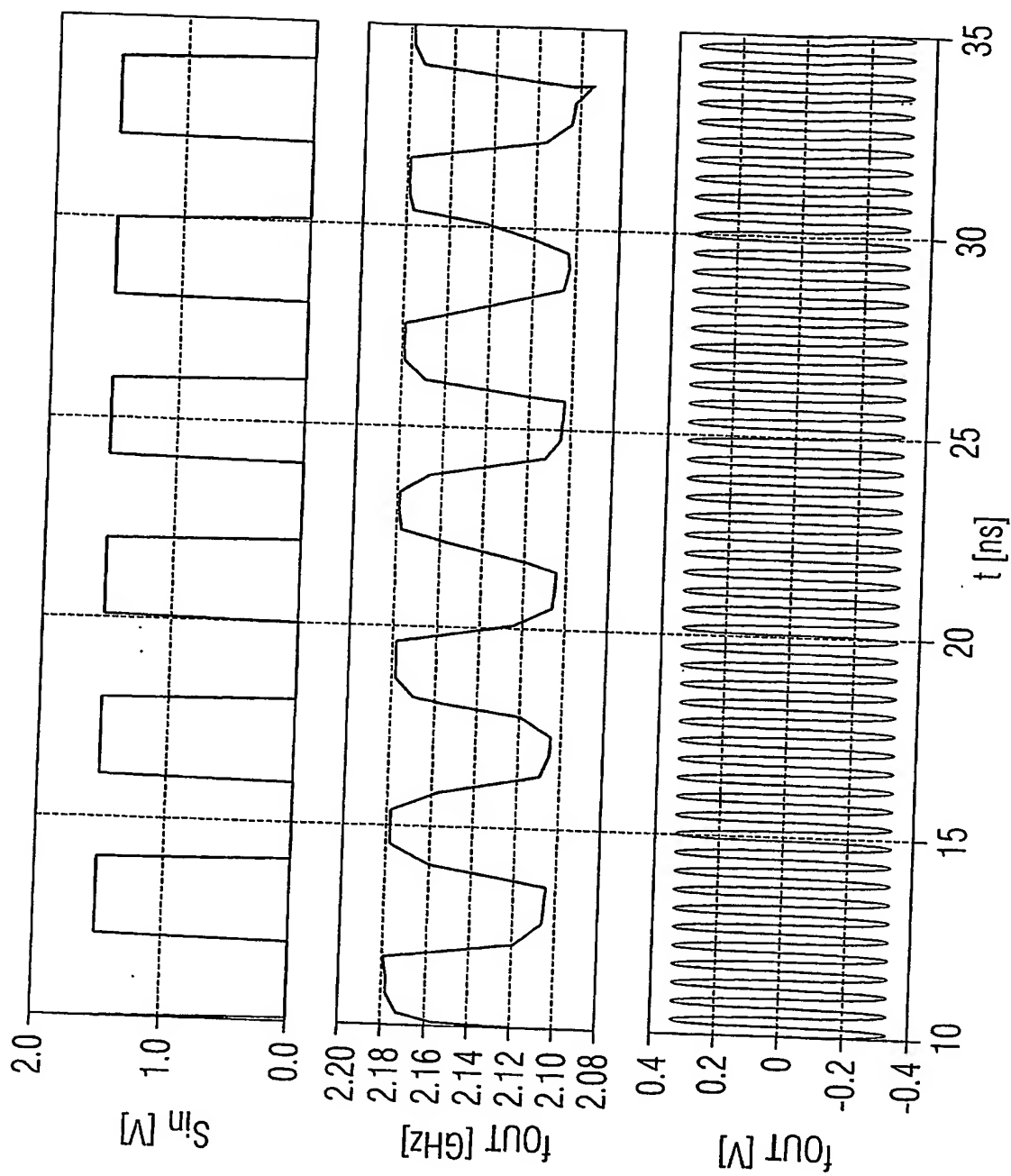


FIG 8B

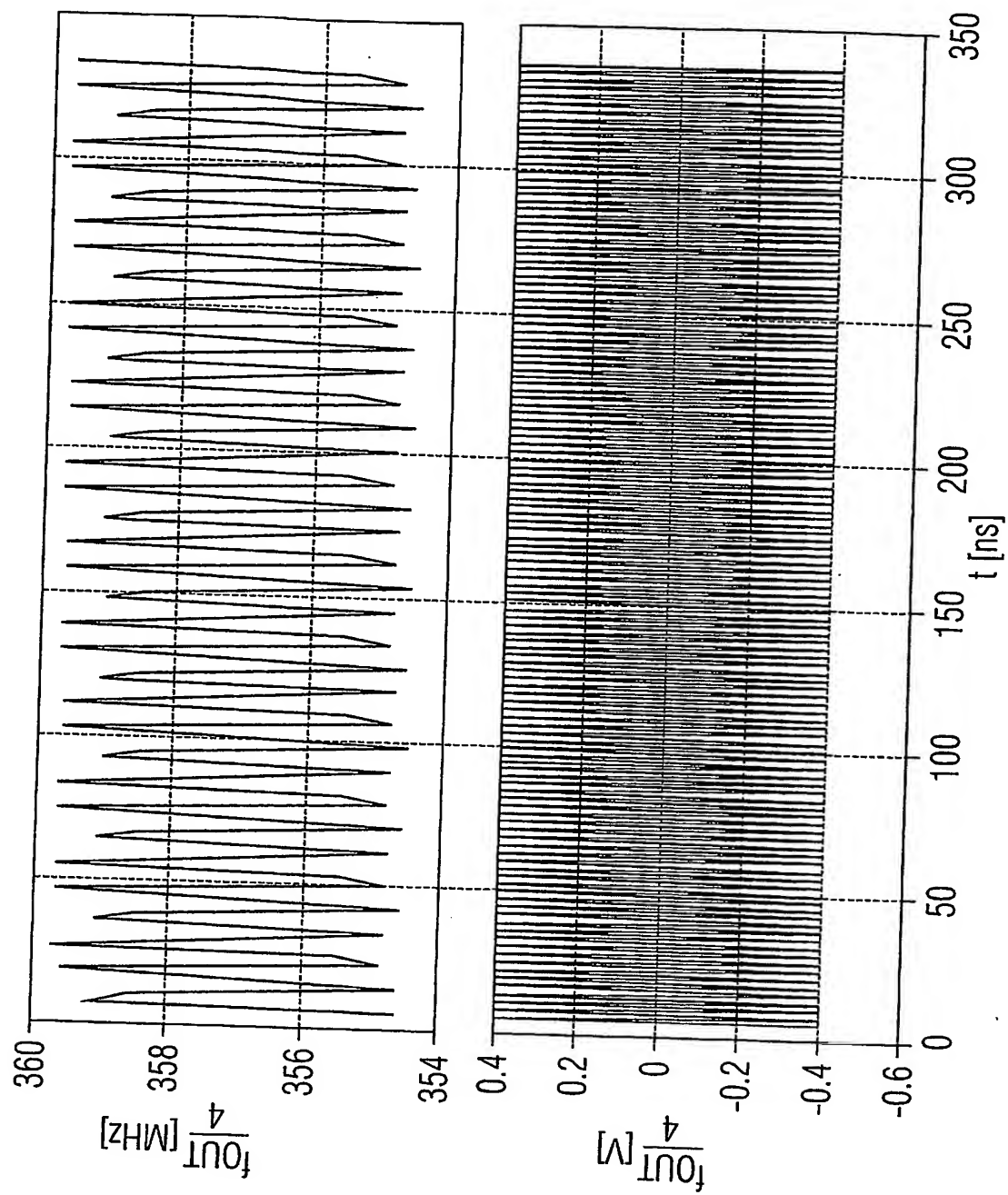
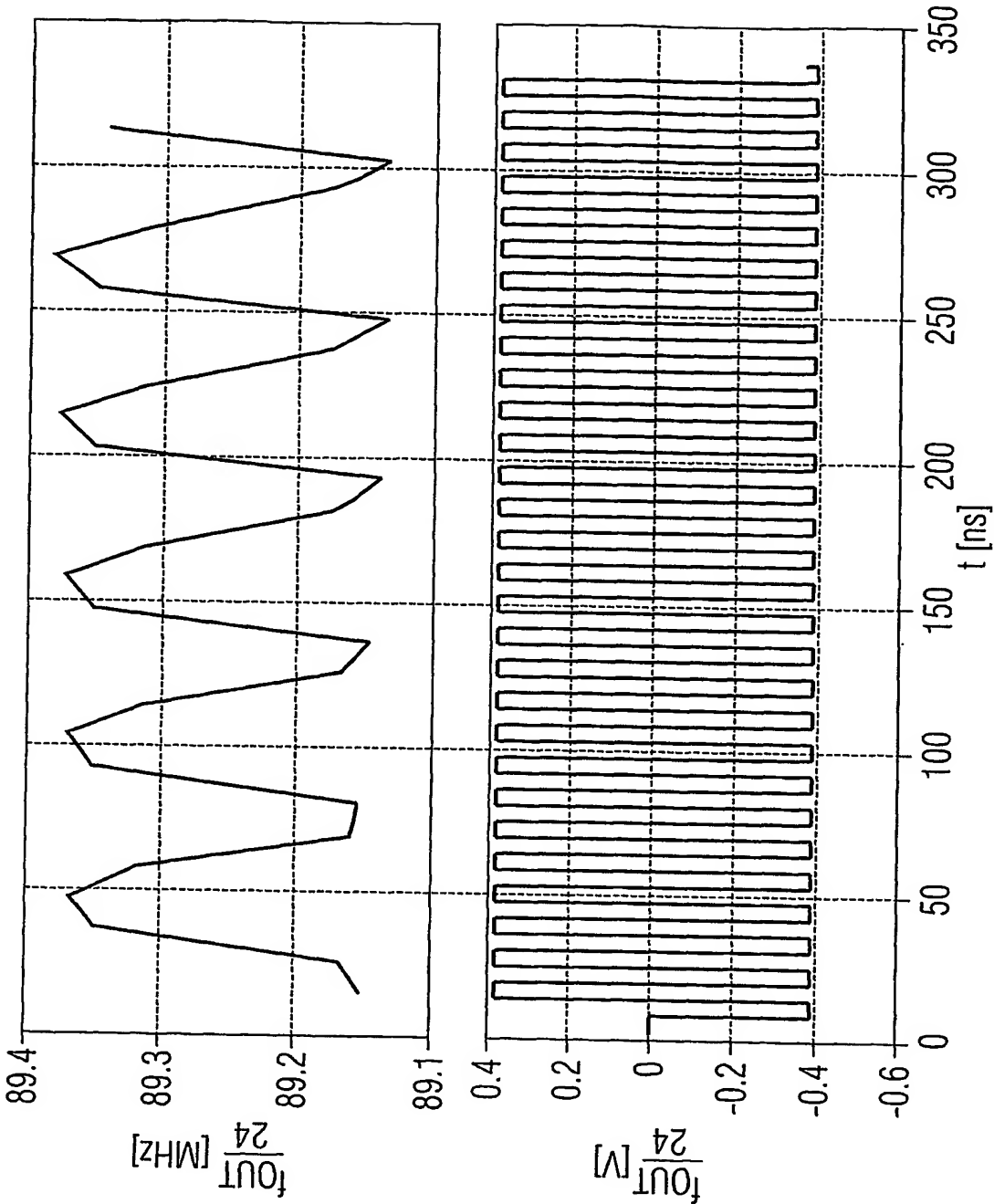


FIG 8C



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/000677

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H03B21/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H03K G06F H03B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | US 5 781 459 A (BIENZ RICHARD ALAN)<br>14 July 1998 (1998-07-14)<br>column 2, line 15 - column 3, line 19;<br>figure 1     | 1-16                  |
| X          | US 4 658 406 A (PAPPAS ANDREAS)<br>14 April 1987 (1987-04-14)<br>column 4, line 4 - line 67; figure 1                      | 1-16                  |
| X          | GB 2 002 157 A (FAIRCHILD CAMERA INSTR CO)<br>14 February 1979 (1979-02-14)<br>page 2, line 88 - page 3, line 46; figure 1 | 1-16                  |
| A          | US 2001/050598 A1 (MOURANT JEAN-MARC ET AL)<br>13 December 2001 (2001-12-13)<br>the whole document                         | 1-16                  |

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

**\* Special categories of cited documents:**

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 July 2004

Date of mailing of the international search report

21/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Aouichi, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/000677

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages          | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | <p>EP 0 430 493 A (SEIKO INSTR INC)<br/>5 June 1991 (1991-06-05)<br/>the whole document</p> | 1-16                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/000677

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                      | Publication<br>date                                  |
|---|----|---------------------|---|--|
| US 5781459                                | A  | 14-07-1998          | NONE  |  |
| US 4658406                                | A  | 14-04-1987          | NONE  |  |
| GB 2002157                                | A  | 14-02-1979          | DE 2833653 A1<br>JP 54028561 A                                  | 15-02-1979<br>03-03-1979                             |
| US 2001050598                             | A1 | 13-12-2001          | AU 2533401 A<br>WO 0152401 A1<br>JP 2001196853 A<br>TW 494615 B | 24-07-2001<br>19-07-2001<br>19-07-2001<br>11-07-2002 |
| EP 0430493                                | A  | 05-06-1991          | JP 3167915 A<br>EP 0430493 A2<br>US 5142249 A                   | 19-07-1991<br>05-06-1991<br>25-08-1992               |



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/000677

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H03B21/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03K G06F H03B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                   | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| X          | US 5 781 459 A (BIENZ RICHARD ALAN)<br>14. Juli 1998 (1998-07-14)<br>Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 3, Zeile 19;<br>Abbildung 1         | 1-16               |
| X          | US 4 658 406 A (PAPPAS ANDREAS)<br>14. April 1987 (1987-04-14)<br>Spalte 4, Zeile 4 - Zeile 67; Abbildung 1                          | 1-16               |
| X          | GB 2 002 157 A (FAIRCHILD CAMERA INSTR CO)<br>14. Februar 1979 (1979-02-14)<br>Seite 2, Zeile 88 - Seite 3, Zeile 46;<br>Abbildung 1 | 1-16               |
| A          | US 2001/050598 A1 (MOURANT JEAN-MARC ET AL)<br>13. Dezember 2001 (2001-12-13)<br>das ganze Dokument                                  | 1-16               |

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Juli 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

21/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Aouichi, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP2004/000677

C:(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A          | EP 0 430 493 A (SEIKO INSTR INC)<br>5. Juni 1991 (1991-06-05)<br>das ganze Dokument<br>-----       | 1-16               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/000677

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |    | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |              | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|----|-------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------------------------|
| US 5781459   | A  | 14-07-1998                    | KEINE                             |              |                               |
| US 4658406   | A  | 14-04-1987                    | KEINE                             |              |                               |
| GB 2002157   | A  | 14-02-1979                    | DE                                | 2833653 A1   | 15-02-1979                    |
|  |    |                               | JP                                | 54028561 A   | 03-03-1979                    |
| US 2001050598                                      | A1 | 13-12-2001                    | AU                                | 2533401 A    | 24-07-2001                    |
|  |    |                               | WO                                | 0152401 A1   | 19-07-2001                    |
|  |    |                               | JP                                | 2001196853 A | 19-07-2001                    |
|  |    |                               | TW                                | 494615 B     | 11-07-2002                    |
| EP 0430493   | A  | 05-06-1991                    | JP                                | 3167915 A    | 19-07-1991                    |
|  |    |                               | EP                                | 0430493 A2   | 05-06-1991                    |
|  |    |                               | US                                | 5142249 A    | 25-08-1992                    |